

1. Протонная флэш-терапия с экстремальной мощностью дозы

Уникальные параметры пучков сильноточного линейного ускорителя протонов ИЯИ РАН позволили провести облучение биологических образцов с рекордной для протонов средней мощностью дозы - около 300 000 Гр/с. В этой новой для протонов области интенсивности облучения суммарная терапевтическая доза 10-30 Гр подводится одним импульсом ускорителя длительностью около 100 мкс. В таком режиме облучения обнаружено существенное усиление т.н. флэш-эффекта, состоящего в преимущественной гибели опухолевых клеток по сравнению с нормальными клетками. В проведенных экспериментах были облучены нормальные клетки (фибробласты человека) и две культуры опухолевых клеток (НСТ116 и НТ29) с различной степенью радиорезистентности. При облучении одним импульсом (ультрафлэш-режим) уровень апоптоза нормальных клеток оказался в 5-6 раз ниже по сравнению с радиочувствительными опухолевыми клетками (НСТ116) и в 2 раза ниже по сравнению с радиорезистентными опухолевыми клетками (НТ29). Эти результаты открывают новую перспективу для повышения качества лучевой терапии и существенно превосходят аналогичные результаты для «обычной» протонной флэш-терапии со средней мощностью дозы порядка 40-200 Гр/с, используемой в других научных центрах.



Публикации:

1. S.V.Akulinichev, D.A.Kokontcev, I.A.Yakovlev//Possible improvement of proton energy filter for radiotherapy// Nucl. Instr. and Methods A, v. 977, 164296 (2020), ISSN 0168-9002, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164296>
2. С. В. Акулиничев, В. Н. Васильев, Ю. К. Гаврилов, Д. А. Коконцев, Л. В. Кравчук, В. В. Мартынова, И. А. Яковлев// Возможности протонной флэш-терапии на ускорителе ИЯИ РАН// Известия РАН: Физика, 2020, т 84, No. 11, с. 1542–1546.
DOI: 10.3103/S1062873820110039.

Координатор: Акулиничев Сергей Всеволодович

тел.: 8(495)850-42-63

эл. почта: akulinic@inr.ru

ПФНИ ГАН «II, Физические науки, направление 15»

2. Исследование сечений образования радионуклидов при взаимодействии тория-232 с протонами средних энергий

Завершены работы по теоретическому и экспериментальному определению сечений образования радионуклидов при взаимодействии ядер тория-232 с протонами в диапазоне энергий от 20 до 140 МэВ. В результате ядерных реакций скалывания, сопровождающихся вылетом из ядра-мишени нескольких нуклонов, образуется альфа-излучающий радионуклид ^{225}Ac (рис. 1), а также ^{223}Ra и $^{230}\text{Pa}/^{230}\text{U}$ [1,2]. Эти радионуклиды привлекательны для применения в ядерной медицине.

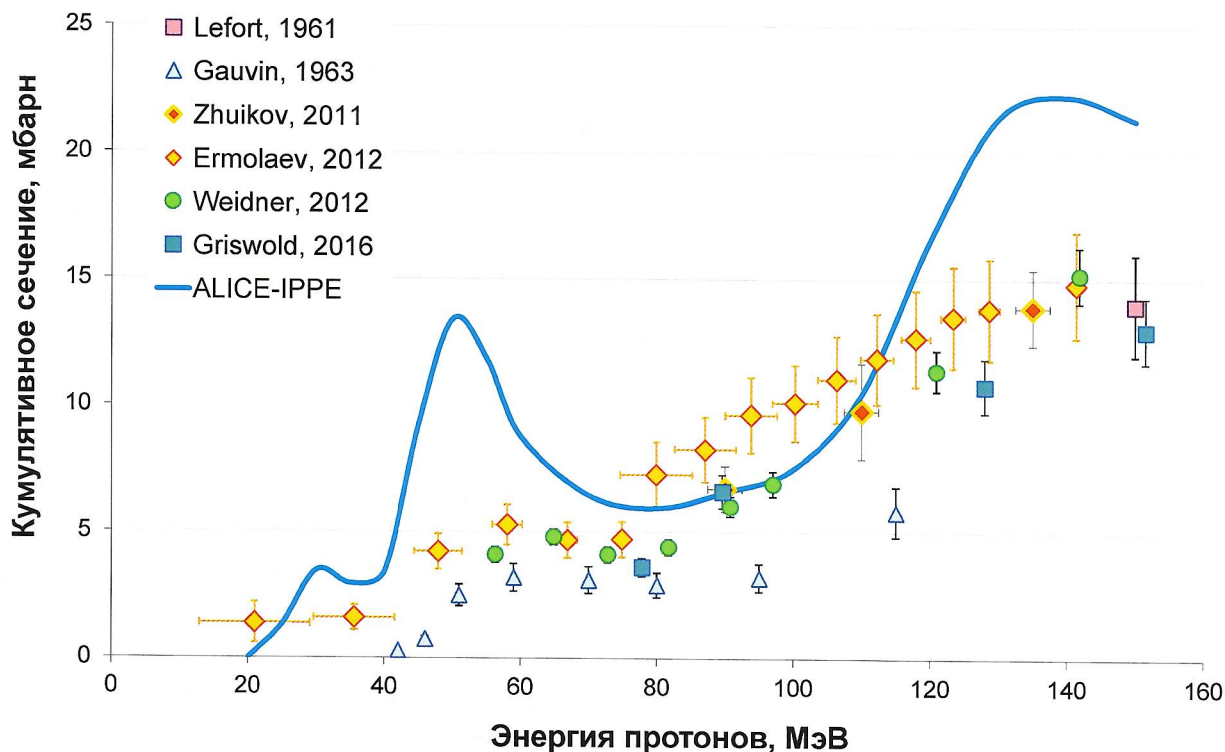


Рис. 1. Сечения образования ^{225}Ac в тории-232, облученном протонами в диапазоне энергий от 20 до 140 МэВ.

Наряду с ядерными реакциями скалывания протекают реакции деления промежуточных ядер, образующихся в результате процессов, индуцированных протонами в ядрах тория (образование компаунд-ядер, внутриядерный каскад и испарение). На основе полученных экспериментальных данных по сечениям образования продуктов деления тория-232 в работах [3, 4] впервые подробно рассмотрена конкуренция асимметричного и симметричного каналов деления тория, наиболее ярко проявляющаяся в диапазоне энергий протонов 20-80 МэВ (рис. 2).

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет.

**Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН.

Координатор: Жуйков Борис Леонидович

тел.: +7495-8504254

эл.почта: bz@inr.ru

ПФНИ ГАН «II, Физические науки, направление 15»

3. Исследования и разработки по получению радионуклида медицинского назначения стронций-82 с использованием нового метода адсорбции из жидкого металла

Завершена работа по исследованию процессов получения медицинского радионуклида стронций-82 с использованием прямой сорбции из жидкого металла. Стронций-82 – важный радионуклид, который используют для приготовления медицинского генератора рубидия-82 и проведения диагностики кардиологических и некоторых других заболеваний с помощью позитронно-эмиссионной томографии. Наиболее эффективный метод его наработки – облучение массивных мишеней из металлического рубидия протонами средних энергий. Радиохимическое выделение ^{82}Sr из таких мишеней – обычно представляет собой сложную и опасную процедуру.

В ИЯИ РАН предложен метод выделения стронция из металлического рубидия путем сорбции на различных поверхностях непосредственно из жидкого рубидия. Завершены исследования, позволяющие обеспечить высокий химический выход радионуклида. При температуре около 300°C примерно за 3 часа нагревания ^{82}Sr полностью сорбировался на внутренней поверхности оболочки облученной мишени (*рис.*), после этого жидкий рубидий откачивали, а ^{82}Sr затем легко удаляли кислотным смывом.

Исследование механизма процесса [1] показало, что ^{82}Sr сначала сорбируется на коллоидных частицах оксида рубидия, а при высокой температуре эти частицы растворяются в рубидии. Поэтому для эффективного протекания процесса и обеспечения высокого выхода необходимо определенное содержание кислорода в рубидии.

Уже продемонстрирован высокий инновационный потенциал этой разработки. Имеется два патента РФ, а также американский [2] и канадские патенты. Технология опробована сначала в ГНЦ ФЭИ им. А.И. Лейпунского (Обнинск), а широкомасштабное производство по лицензии ИЯИ РАН организовано на предприятии ARRONAX (Нант, Франция), лицензия приобретена также американской фирмой. В ближайшее время эту технологию планируется установить в «горячих» камерах Радиевого института им. В.Г. Хлопина (Санкт-Петербург).

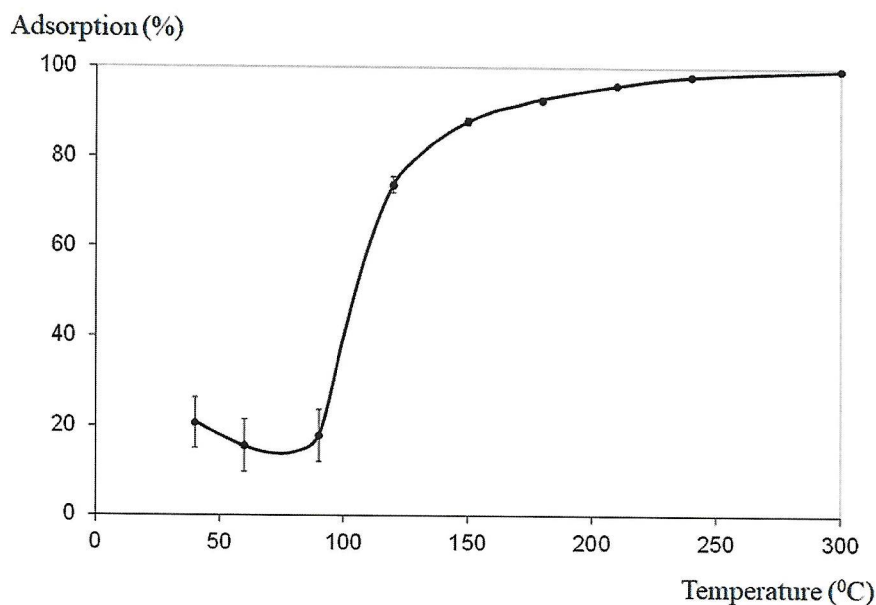


Рисунок. Температурная зависимость адсорбции ^{82}Sr из металлического Rb на поверхность оболочки мишени.

Публикации:

1. B. Zhuikov, S. Ermolaev. Adsorption from liquid metals: an approach for recovery of radionuclides from irradiated targets. *Radiochim. Acta* (2020). DOI: <https://doi.org/10.1515/ract-2020-0053>.
2. B.L. Zhuikov, S.V. Ermolaev, V.M. Kokhanyuk. Method for producing radiostrontium. US Patent № 8929503, Jan. 6 (2015).

Координатор: Жуйков Борис Леонидович

тел.: +7495-8504254

эл.почта: bz@inr.ru

ПФНИ ГАН «II, Физические науки, направление 15»

Заместитель директора
Профессор РАН



Г.И. Рубцов

Протокол заседания Ученого совета ИЯИ РАН от «14» декабря 2020 г. № 11